



Valoración auxológica del crecimiento II

J. Pozo Román

Médico Adjunto del Servicio de Endocrinología Pediátrica del Hospital Infantil Universitario Niño Jesús, de Madrid, y Profesor Asociado de Pediatría de la Universidad Autónoma de Madrid



Pediatr Integral 2011; XV(7): 691-701

Antropometría en situaciones especiales

Hipocrecimientos disarmónicos

El crecimiento del cuerpo humano es, habitualmente, predecible y proporcionado; de forma que, las relaciones entre los segmentos corporales, aunque varían considerablemente a lo largo de la vida fetal y de la postnatal (Fig. 1) tienden a mantenerse relativamente constantes a edades determinadas. La valoración de estas proporciones corporales puede ser de gran utilidad en el diagnóstico de los trastornos del crecimiento, tanto por defecto (hipocrecimientos) como por exceso (hipercrecimientos), en los que, de forma congénita o adquirida, se produce una alteración de estas proporciones⁽¹⁾. El ejemplo más característico serían las displasias óseas, pero la valoración de la armonía corporal puede ser también útil en el diagnóstico y seguimiento de otras muchas patologías, como sería el caso de: determinados cuadros sindrómicos (síndrome de Marfan, homocistinuria), hipogonadismos (síndrome de Kallmann, síndrome de Klinefelter...), malformaciones congénitas (espina bífida...), hemihipertrofias (síndrome de Silver-Russell...) o irradiación espinal en el curso de patología tumoral, entre otras posibilidades.

En algunos pacientes, la desproporción corporal puede ser muy obvia; sin embargo, en otros, sólo una adecuada antropometría es capaz de ponerla de manifiesto⁽²⁻⁴⁾. En la práctica clínica, las mediciones más empleadas en la valoración de la armonía o disarmonía corporal son aquellas que intentan establecer una relación entre el crecimiento del tronco y el de las extremidades, lo que permite poner de manifiesto, no sólo la disarmonía corporal, sino también el segmento más afectado; así, se utilizan, sobre todo: a) cociente talla sentado/talla en bipedestación (distancia vértex-cóccix/talla en decúbito en menores de 2 años); b) cociente segmento superior/segmento inferior, muy similar al anterior, pero más empleado en EE.UU; c) relación entre la braza y la talla; y

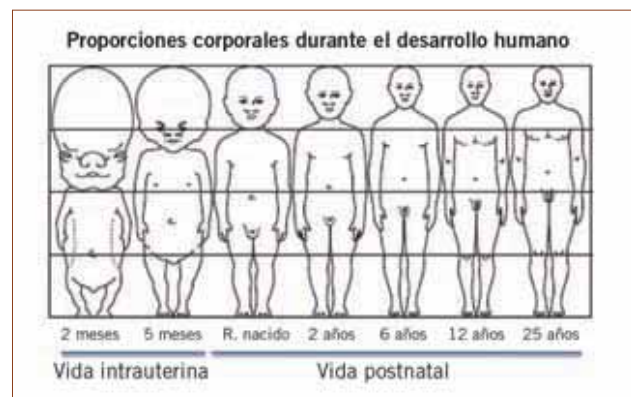


Figura 1. Imagen que representa la modificación normal en las proporciones corporales durante el desarrollo humano

d) si es necesario, sobre todo en el caso de displasias óseas que acortan predominantemente una parte de los miembros (proximal: rizomelia; medial: mesomelia; o distal: acromelia) la medición de segmentos de las extremidades.

Cociente talla sentado/talla en bipedestación (TS/T)

La TS es la distancia del vértex (punto más alto de la cabeza sobre el plano sagital) al plano de los isquiones cuando se está en posición de sentado; o, lo que es lo mismo, la distancia entre el punto más prominente de la cabeza y las nalgas con el paciente sentado. Se realiza con un estadiómetro diseñado *ad hoc* (Fig. 2) para ese propósito o, si no se dispone de él, puede hacerse con el estadiómetro normal, midiendo al niño sentado en un cajón de tamaño conocido (TS = talla medida - altura del cajón). La postura es similar a la utilizada para medir la talla en bipedestación; es decir, el niño estirado, la cabeza con el plano de Frankfurt perpendicular a la barra vertical del estadiómetro y pegadas a ésta la parte



Figura 2. Estadiómetro Harpenden para medición de la talla sentado

posterior de la cabeza, espalda y nalgas. En el niño menor de 2 años, las mediciones se realizan en posición de decúbito en el infantómetro: distancia vértex-cóccix (equivalente a la TS pero colocando al paciente en decúbito lateral o supino con las caderas flexionadas a 90°) y longitud (talla en decúbito supino). A partir de la T y de la TS podemos calcular la longitud subisquial de las piernas (LSP), que resultaría de restar de la T la TS ($LSP = T - TS$) y, en los niños menores de 2 años, la distancia vértex-cóccix de la longitud.

Los patrones de normalidad para TS y LSP han sido establecidos⁽⁵⁻⁸⁾. Pero, para analizar la proporcionalidad entre estos segmentos, se han desarrollado gráficas de correlación por sexo y edad entre la T y la TS, así como del cociente TS/T o de la diferencia entre la LSP y la TS^(7,8).

Cociente segmento superior/segmento inferior

La valoración del cociente entre el segmento superior (SS = talla - segmento inferior) y el segmento inferior (SI = distancia medida con una cinta métrica entre la parte superior de la sínfisis púbica y la planta de los pies) es otra manera de determinar si un hipocrecimiento es disarmónico y si lo es por acortamiento del tronco o de las extremidades inferiores. Aunque existen pequeñas diferencias entre ambos sexos, así como raciales y familiares, en la proporción de estos segmentos, en general: a) en el recién nacido, el cociente SS/SI es de, aproximadamente, 1,7; b) durante la infancia, el cociente SS/SI disminuye progresivamente hasta igualarse a 1 alrededor de los 9-10 años y para, posteriormente, ser inferior a dicho valor (0,9-1); y c) en los varones adultos, el cociente SS/SI suele ser menor que en las mujeres, ya que los varones suelen tener unas piernas relativamente más largas por un mayor tiempo de crecimiento prepuberal⁽⁴⁾.



Figura 3. Diferentes modelos de antropómetros y goniómetros utilizados en la medición de segmentos y ángulos corporales

Relación entre braza y talla

La braza es la distancia, tomada con una cinta métrica inextensible, entre las puntas de los dedos medios de cada mano, cuando los brazos están separados del cuerpo y extendidos horizontalmente, perpendiculares al eje axial⁽⁴⁾. La braza se correlaciona estrechamente con la talla en ambos sexos y en todos los grupos étnicos ($r = 0,73-0,89$). Existen gráficas de braza para edad y sexo y se considera como normal una braza entre ± 4 cm de la media para la edad y sexo⁽⁴⁾. La relación entre braza/talla en niños y adultos jóvenes oscila entre 0,9-1,1 y disponemos de gráficas de relación entre la braza y la talla⁽⁴⁾, útiles para valorar la armonía corporal. En general: a) en el recién nacido, la braza es unos 2,5 cm menor que la longitud; b) durante la infancia, no suelen existir diferencias de más de 1-2 cm entre braza y talla; y c) a partir de los 10 años en los varones y de los 12 años en las mujeres, la braza iguala la talla y después la supera, diferencia que puede ser de hasta 4 cm en los varones y de 1-2 cm en las mujeres.

Medición de los segmentos de las extremidades

El interés en este tipo de medidas radica en que muchas displasias esqueléticas van a presentar una desproporción tronco-extremidades, pero a expensas de unos determinados segmentos de los miembros (acomelia, mesomelia o rizomelia). Además, pueden existir asimetrías corporales en las que uno de los miembros puede estar más o menos desarrollado (hemihipertrofia). Las medidas antropométricas que pueden tomarse son muchas (longitud de: miembro superior, brazo, antebrazo, mano, dedo medio, miembro inferior, muslo, pierna, pie, anchura de la mano, etc.) y la descripción de la metodología para su medición excede los objetivos de esta revisión (véanse referencias 2-4).

Interpretación de los datos obtenidos

La interpretación de los resultados obtenidos no es sencilla por diferentes motivos. En primer lugar, para que las mediciones sean precisas y el error de la medición pequeño, es necesario disponer de un aparataje estándar de precisión (Figs. 2 y 3) y de una metodología y práctica que pocas

veces están disponibles. En segundo lugar, aun asumiendo la fiabilidad de las mediciones, no siempre disponemos de estándares de normalidad para todos estos parámetros de la suficiente calidad y adecuados a la población a la que pertenece el paciente; ya que, la relación entre los diferentes segmentos corporales está determinada e influenciada, además de por la edad y sexo, por factores: genéticos, familiares, étnicos, hormonales y ambientales, que hacen muy variable esta relación y que deben ser tenidos en consideración a la hora de interpretar los resultados^(9,10). Así, por ejemplo, en lo referente a las diferencias étnicas, los europeos caucásicos tienden a ser más altos y a tener las piernas más largas que los asiáticos; mientras que, los africanos de raza negra tienden a tener las extremidades más largas que los caucásicos. Por otro lado, el incremento secular del crecimiento (a expensas, sobre todo, de un mayor crecimiento de las extremidades) o las variaciones en la cronología de la pubertad (el crecimiento prepuberal es predominantemente de las extremidades y el puberal del tronco) pueden variar estas proporciones a lo largo del tiempo; de forma que, los valores de referencia obtenidos hace varias décadas con mucho esfuerzo puedan no ser aplicables a la población actual. Por último, aunque suele utilizarse como criterio de normalidad una distribución entre ± 2 SDS, es posible que, dada la gran variabilidad normal y para aumentar la especificidad de la prueba, haya que incrementar el rango de referencia o modificarlo en función de la patología valorada. Así, por ejemplo, se ha constatado que, los niños con talla baja tienden a tener, independientemente de la causa que provoca su hipocrecimiento, unas extremidades más cortas; por ello, en un reciente estudio sobre la relación talla sentado/talla en decúbito, realizado en los Países Bajos⁽⁸⁾ se sugiere que, en niños con talla baja, para afirmar que su hipocrecimiento es disarmónico por acortamiento de las extremidades se utilice, como punto de corte, un cociente talla sentado/talla en decúbito por encima de $+2,5$ SDS.

Antropometría en el paciente con aspecto dismórfico

La aproximación diagnóstica al paciente con aspecto dismórfico o con múltiples anomalías congénitas es muy compleja. La antropometría básica es fundamental, pero también lo es aquella que, a partir de mediciones precisas de partes del cuerpo, nos permite diferenciar qué modificaciones son el resultado de la variabilidad normal y cuáles obedecen a trastornos disarmónicos del crecimiento corporal. Las medidas que podríamos tomar son muchas, entre ellas las ya comentadas y correspondientes a la antropometría básica (talla, peso, perímetro cefálico, velocidad de crecimiento) y a la medición de segmentos; no obstante, algunas de las más importantes, aparte de éstas, quedan reflejadas en la tabla I y en las figuras 4-6.

Después de hechas las mediciones, con la metodología correcta, deben ser comparadas con referencias de normalidad^(3,4), no siempre disponibles (Tabla I) para la población y etnia analizada. La norma general dice que toda medición debe ser comparada con los valores de normalidad para su edad cronológica y sexo. Por lo tanto, toda medida por debajo del percentil 3 (≈ -2 SDS) o por encima del percentil 97 ($\approx +2$ SDS) se situaría fuera del rango de nor-

malidad y debería ser evaluada cuidadosamente. Si el ritmo de maduración del sujeto analizado se encuentra acelerado o enlentecido respecto a la media, las mediciones deberían ser entonces comparadas con las correspondientes a la edad ósea. La interpretación de los datos se complica más aún, porque la normalidad de una parte del cuerpo depende, no sólo de la edad y sexo, sino también del tamaño del resto del cuerpo; de forma que, las proporciones deben mantenerse; por ej.: unas orejas de longitud en el percentil 90 para la edad, teóricamente normales, serían anormalmente grandes para un paciente con microcefalia y podrían resultar incluso pequeñas para un sujeto con talla muy alta y macrocefalia familiar. Cada medición tiene, por ello, un área corporal de referencia⁽⁴⁾:

- Las medidas craneofaciales deben estar en relación con el tamaño general de la cabeza y se comparan, por ello, con los valores de normalidad para la edad en la que el perímetro craneal del paciente se encontraría en el percentil 50.
- El tamaño de la cabeza (perímetro craneal) y las medidas correspondientes a los miembros deben estar en relación con el tamaño del cuerpo y se comparan, por ello, con los valores de normalidad para la edad en que la talla del sujeto se encontraría en el percentil 50 (lo que se conoce como “edad talla”).

En los pacientes dismórficos es interesante también analizar los percentiles de todas las medidas parciales en conjunto; ya que, aun estando todos ellos dentro de la normalidad, en ocasiones, pueden observarse crecimientos disarmónicos de diferentes partes del cuerpo (p. ej.: un perímetro craneal en el percentil 10 y una talla en el percentil 97). La realización seriada de estas mediciones en el seguimiento de los pacientes permite dibujar gráficas longitudinales de crecimiento específicas de las diferentes partes del cuerpo y, en su caso, establecer con seguridad la existencia de un crecimiento disarmónico.

Maduración esquelética y edad ósea

El concepto de maduración es un concepto relativamente sencillo. Las estructuras orgánicas, además de crecer (aumentar de masa), se desarrollan; es decir, experimentan un proceso creciente de organización y complejidad. Por maduración se entiende el nivel de desarrollo alcanzado en un momento dado. En lo que se refiere al hueso, su desarrollo supone la calcificación progresiva de las maquetas fibrosas y cartilaginosas hasta alcanzar la consolidación completa en su aspecto definitivo. El ritmo de maduración está influenciado por factores intrínsecos (genéticos y hormonales) y extrínsecos (ambientales) y no es igual en todos los sujetos; así, por ejemplo, si analizamos, como indicador de desarrollo alcanzado, el desarrollo puberal, observaremos que la pubertad puede iniciarse a edades muy diferentes, incluso dentro de un mismo sexo. Estas diferencias lo que reflejan son diferentes ritmos de maduración, que, aunque se hagan más aparentes en la adolescencia, están presentes a lo largo de todo el desarrollo, e incluso en el momento del nacimiento. Esta tendencia a desarrollar más rápido o más lento es, en gran medida, un factor hereditario, y es lo que se conoce, en términos auxológicos, como *tempo* de crecimiento. La talla final de un sujeto y el *tempo*

Tabla 1. Medidas antropométricas en pacientes con signos dismórficos

Medición	Metodología y valores de referencia
Tronco <ul style="list-style-type: none"> Distancia intermamilar 	Las medidas se comparan con las normales para la edad talla Distancia entre los centros de ambas mamilas en espiración media: <ul style="list-style-type: none"> Sivan Y, et al. Pediatrics 1983; 72: 523 Feingold M, et al. Birth Defects 1974; 10(supl.13): 1
Cráneo-facies <ul style="list-style-type: none"> Distancia intercantal externa Distancia intercantal interna Distancia interpupilar Longitud fisura palpebral 	Las medidas se comparan con las normales para la edad en la que el perímetro cefálico se encuentra en el percentil 50 Distancia entre los cantus externos de ambos ojos Distancia entre los cantus internos de ambos ojos Distancia entre los centros de ambas pupilas Distancia entre el cantus interno y externo del mismo ojo: <ul style="list-style-type: none"> Feingold M, et al. Birth Defects. 1974; 10(supl.13): 1 Laestadius ND, et al. J Pediatr. 1969; 74: 465 Thomas IT, et al. J Pediatr. 1987; 111(2): 267
<ul style="list-style-type: none"> Oblicuidad de la fisura palpebral 	Ángulo de inclinación de las fisuras palpebrales respecto a la horizontal medido con los ojos abiertos (valores normales entre $\approx 0-7^\circ$): <ul style="list-style-type: none"> Farkas LG. Anthropometry of the head and face in medicine. New York: Elsevier;1981
<ul style="list-style-type: none"> Longitud de la oreja 	Máxima distancia entre los bordes superior e inferior de la oreja <ul style="list-style-type: none"> Feingold M, et al. Birth Defects 1974; 10 (supl.13): 1
<ul style="list-style-type: none"> Posición de la oreja 	Localización del borde superior de la oreja. Varios criterios de normalidad => borde superior de la oreja en o por encima de la línea: <ul style="list-style-type: none"> Entre cantus externo y zona más prominente del occipital Entre cantus interno y externo de un ojo Entre cantus interno de ambos ojos
<ul style="list-style-type: none"> Rotación de la oreja 	Ángulo que forma el eje longitudinal medio de la oreja con la vertical en el plano de Frankfurt (rango normal entre $10-30^\circ$) <ul style="list-style-type: none"> Farkas LG. Anthropometry of the head and face in medicine. New York: Elsevier;1981
<ul style="list-style-type: none"> Longitud del <i>philtrum</i> 	Distancia entre la base de la nariz y borde del labio superior en la línea media (rango normal entre $\approx 1-5$ cm) <ul style="list-style-type: none"> Feingold M, et al. Birth Defects. 1974; 10(supl.13): 1
<ul style="list-style-type: none"> Anchura de la boca 	Distancia entre las comisuras de la boca <ul style="list-style-type: none"> Feingold M, et al. Birth Defects. 1974; 10(supl.13): 1 Farkas LG. Anthropometry of the head and face in medicine. New York: Elsevier;1981
Miembros <ul style="list-style-type: none"> Longitud de la mano Longitud de la palma Longitud del dedo medio 	Las medidas se comparan con las normales para la edad talla Distancia pliegue de la muñeca- extremo distal del 3 ^{er} dedo Distancia pliegue de la muñeca- pliegue de flexión proximal del 3 ^{er} dedo Distancia pliegue de flexión proximal- extremo distal del 3 ^{er} dedo <ul style="list-style-type: none"> Feingold M, et al. Birth defects 1974; 10 (supl.13): 1
<ul style="list-style-type: none"> Posición-tamaño del pulgar 	<ul style="list-style-type: none"> Si el extremo distal del pulgar, colocado paralelo a la mano, está: <ul style="list-style-type: none"> por debajo del pliegue de flexión del 2^o dedo => pulgar hipoplásico o de implantación baja por encima del pliegue de flexión del 2^o dedo => pulgar de longitud normal o digitalizado El cociente de la distancia entre el pliegue de flexión proximal del índice-pliegue distal de inserción del pulgar (A) y pliegue de flexión proximal del índice-pliegue de la muñeca (B) es lo que se conoce como “índice de implantación del pulgar” y debe ser igual a $0,51 \pm 0,04$ Los ángulos que forma el eje del pulgar con el eje del índice deben estar entre $75-90^\circ$
<ul style="list-style-type: none"> Ángulo del codo 	Ángulo que, a la altura del codo, forman el eje antebrazo-mano y el eje del brazo. Es habitualmente mayor en las mujeres (rango normal entre $7-22^\circ$, con una media de 14° en los hombres y de 16° en las mujeres)
<ul style="list-style-type: none"> Longitud del pie 	Es la distancia, medida por la planta, entre el borde posterior del talón y la punta del dedo más largo (1° o 2°) <ul style="list-style-type: none"> Blais, et al. J Bone Joint Surg 1956; 38A: 998

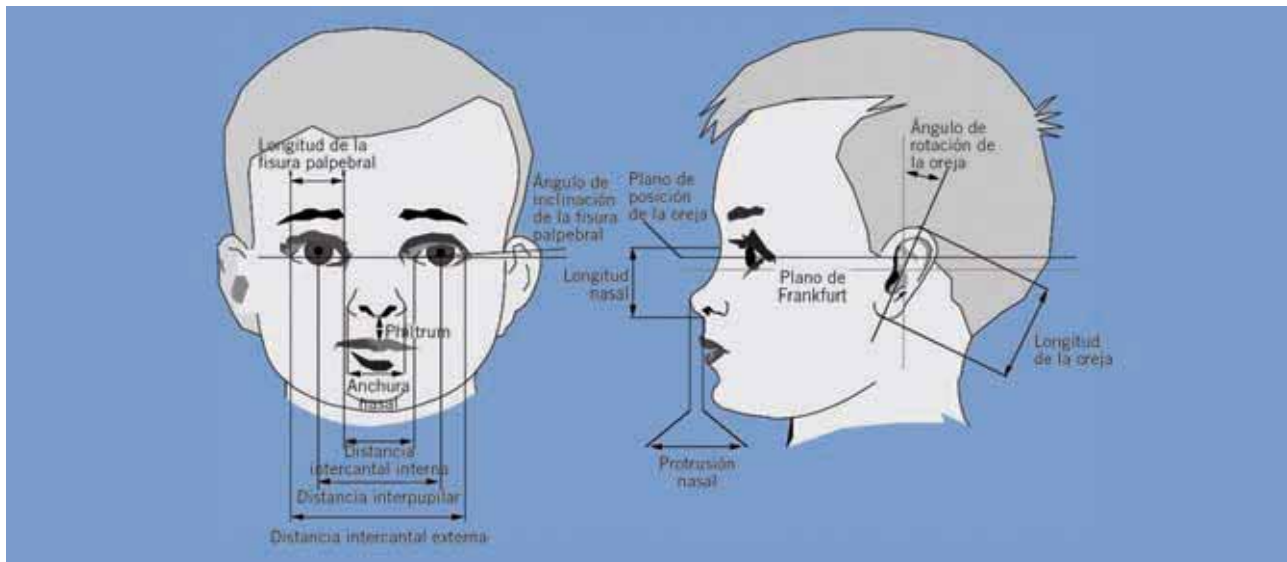


Figura 4. Representación de algunas de las medidas antropométricas faciales más importantes



Figura 5. Oblicuidad de la fisura palpebral: ángulo de inclinación de las hendiduras palpebrales respecto a la horizontal medido con los ojos abiertos (valor normal entre 0 y 7°)

de crecimiento son prácticamente independientes, pero la talla alcanzada por un niño en un determinado momento sí está relacionada con su *tempo* de crecimiento o, lo que es lo mismo, con la edad de desarrollo alcanzada o edad biológica. De ahí la importancia, a la hora de analizar un hipocrecimiento, de poder determinar cuál es el ritmo madurativo del paciente estudiado.

Los métodos más utilizados para determinar la edad de desarrollo alcanzada derivan del análisis de los sucesivos estadios de maduración del esqueleto visualizados mediante radiografías. Esta metodología sirve para determinar el grado de maduración esquelética de un sujeto y lo que se conoce habitualmente como “edad ósea” (EO). La EO está considerada como un indicador importante de maduración biológica (se correlaciona mejor que la edad cronológica con muchos parámetros: velocidad de crecimiento, edad de la menarquia, edad de desarrollo puberal, masa mineral ósea...) y el único que es independiente del tamaño, con la ventaja sobre otras metodologías que valoran el desarrollo de que es aplicable a todo el periodo de crecimiento^(11,12). En principio, para la determinación de la EO puede utilizarse cualquier área del esqueleto pero, en la práctica, las que se utilizan son la mano y el pie; ya que, la radiación a la que se somete al niño

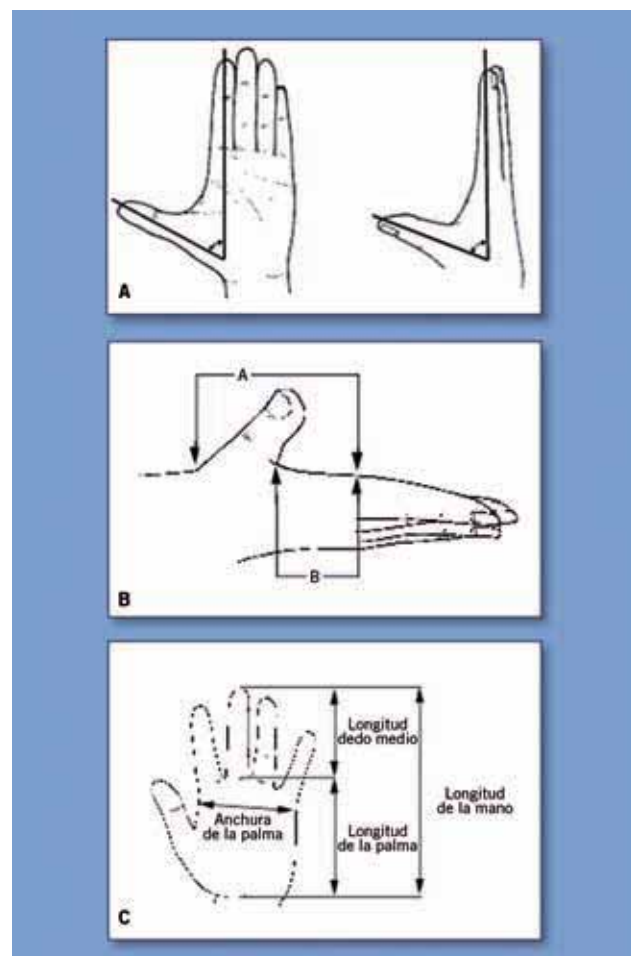


Figura 6. Algunas de las principales mediciones antropométricas en las manos: a) ángulos de implantación del pulgar medidos con un goniómetro (valores normales entre 75-90°); b) índice de implantación del pulgar, correspondiente al cociente A/B (valores normales de $0,51 \pm 0,04$; véase tabla I); y c) mediciones de la anchura de la mano y longitud de la mano, palma y dedo medio

es mínima (menos de 0,00012 milisievert o 0,012 mrem), inferior a la que recibiría por 20 minutos de exposición a la luz ambiente a nivel del mar⁽¹³⁾, y ambas áreas posibilitan el análisis de un gran número de huesos largos y cortos. Por consenso internacional se han elegido, para el estudio de la maduración ósea, la mano y el pie izquierdos.

La determinación de la maduración ósea es uno de los parámetros auxológicos más importantes en el diagnóstico de las alteraciones del crecimiento, por exceso y por defecto, pero también tiene utilidad en muchas situaciones, como son, entre otras: la monitorización de patologías crónicas, la valoración del desarrollo puberal, la elección del momento más adecuado para realizar determinadas cirugías ortopédicas o procedimientos ortodóncicos, la evaluación de las aptitudes de un niño/adolescente para dedicarse a una actividad que, como el ballet o determinados deportes, requiere una talla final mínima (métodos de predicción de talla definitiva que requieren de la edad ósea) o la adjudicación de una determinada edad a niños de fecha de nacimiento desconocida^(13,14).

Dos son los principales métodos empleados en la valoración de la maduración ósea: los atlas y las técnicas de puntuación hueso-específicas^(11,12). En la práctica clínica, el más utilizado, con gran diferencia, tanto por endocrinólogos pediátricos como por pediatras es el atlas de Greulich y Pyle⁽¹⁵⁾. Algunos endocrinólogos pediátricos utilizan también el método numérico de Tanner y cols. (TW)⁽¹⁶⁾. Ambos utilizan como objeto de estudio una radiografía ántero-posterior de la mano y muñeca izquierdas. En niños menores de 2 años, la utilización de la mano está limitada por la falta de núcleos de osificación en el carpo al nacimiento y por su lenta aparición a lo largo del primer año de vida; por ello, el método más útil y preciso es el numérico de Hernández y cols. (método SHS)⁽¹⁷⁾, que utiliza una radiografía lateral del tobillo y pie izquierdos. Aunque se han desarrollado otros muchos métodos de valoración de la maduración ósea, su difusión ha sido escasa y limitada a determinados ambientes auxológicos, lejos de la práctica habitual del pediatra; por lo que, no haremos referencia a ellos y nos limitaremos a comentar los métodos ya descritos.

Atlas de maduración esquelética (Atlas de Greulich-Pyle)

Los atlas tienen su origen más directo en el trabajo del norteamericano T. Wingate Todd quien, en 1937, publicó el primer atlas de maduración esquelética⁽¹⁾. Todd, inspirado en los trabajos de Milo Hellman que había estudiado de forma seriada los cambios en la placa de crecimiento hasta su cierre, analizó las modificaciones secuenciales de los núcleos de la mano y de la muñeca desde su aparición a su estadio definitivo. Describió, también, lo que posteriormente sus discípulos Greulich y Pyle denominaron “indicadores de madurez” y definieron como: “aquellos rasgos característicos de cada hueso que pueden ser vistos en las radiografías y que, como consecuencia de su aparición regular y en un orden definido e irreversible, señalan su progresión hacia la madurez”⁽¹⁵⁾. Los datos de Todd fueron obtenidos de 1.000 participantes en el Estudio del Crecimiento y Desarrollo Humanos de la Fundación Brush en Cleveland (Ohio, EE.UU.). El atlas de Todd fue modificado posteriormente por William Walter Greulich y

Idell Pyle dando lugar al conocido “Atlas de Greulich-Pyle”⁽¹⁵⁾. En éste, se aumentó el número de adolescentes y se disminuyó el número de radiografías modelo. Su segunda edición, del año 1959, es la que se utiliza en la actualidad; en ella, se mejoró la calidad de las radiografías y la de los dibujos de los indicadores de madurez y se incluyó un método de predicción de talla definitiva desarrollado por Nancy Bayley en 1952⁽¹⁸⁾.

El atlas de Greulich y Pyle (GP) tiene dos partes. La primera consta de dos series secuenciales de radiografías de mano-muñeca, una para varones y otra para mujeres. Cada radiografía fue elegida entre 100 radiografías de niños de la misma edad como la más representativa de la tendencia central. La página adyacente a cada radiografía modelo aporta información sobre la edad ósea de cada uno de los huesos. La segunda parte del atlas es una descripción detallada de los indicadores de madurez de cada uno de los huesos. Se incluye, además, el número de la radiografía de la serie en la que se alcanza ese indicador. El método recomendado por los autores para usar el atlas consiste en elegir, de modo orientativo, la radiografía de la serie más parecida a la radiografía problema y luego, con la segunda parte del atlas, asignar a cada uno de los 30 huesos el número de radiografía que le correspondería. La media de esos 30 números serviría para determinar la edad ósea del sujeto. Esta forma de utilizar el atlas es lo que se conoce como método hueso-específico y, probablemente, nunca se ha utilizado en la práctica clínica. La mayoría de los usuarios del atlas simplemente comparan la radiografía problema con las radiografías secuenciales y le asignan la edad ósea correspondiente a la más parecida. Si la radiografía es intermedia entre dos de las radiografías secuenciales le asignan una edad ósea intermedia entre ambas. Este método abreviado, obviamente, conlleva un mayor margen de error; ya que, ignora los indicadores de madurez en los que se basa el propio atlas.

Un observador experimentado en el uso del atlas de GP tendría un error técnico de medición (ETM) de aproximadamente $\pm 0,25$ años; es decir, en el 95% de los casos, la edad ósea calculada estaría entre ± 6 meses de la edad ósea real⁽¹⁾. No obstante, en un estudio realizado entre radiólogos pediátricos, el ETM fue prácticamente el doble⁽¹⁹⁾ y, probablemente, será mayor aún en evaluaciones rutinarias.

Se han publicado también atlas de otras regiones anatómicas (rodilla, pie y tobillo, pelvis, etc.), pero su difusión en la práctica clínica habitual ha sido mucho menor.

Métodos de puntuación hueso-específicos

Los métodos de puntuación hueso específicos fueron desarrollados para soslayar algunos de los principales problemas de los atlas. En primer lugar, la utilización de la “edad” como unidad de medida dificulta la comprensión del fenómeno madurativo; ya que, estos “años” no son equivalentes y así, por ejemplo, un año en una niña supone más maduración que en un niño, dado que las mujeres tienden a alcanzar la edad esquelética adulta mucho antes que los varones. Por otro lado, los atlas establecen un orden de aparición y transformación de los huesos que, en la realidad, no siempre es constante y está sujeto a variaciones genéticamente determinadas. En el

caso de la mano y muñeca, las mayores discordancias suelen producirse con los huesos del carpo, lo que unido a su menor relevancia en el proceso de crecimiento frente a la de las epífisis hace que, en los casos más difíciles, convenga ignorarlos. Otra fuente de problemas en los atlas es el gran intervalo de tiempo entre las radiografías modelo, lo que sugiere una maduración “a saltos”, cuando en la realidad es un proceso continuo. Esta es la causa de que, en la práctica clínica, con frecuencia se asignen edades óseas intermedias a las de las radiografías modelo. Por último, los atlas nos proporcionan, únicamente, el promedio de maduración, pero no el rango de normalidad dentro del cual una determinada radiografía puede ser considerada normal.

Método de Tanner y Whitehouse (TW)

Dentro de los métodos de puntuación hueso-específicos, el que más difusión ha tenido es el desarrollado en 1962 por Tanner, Whitehouse y Healy (método TW1). En este método, cada hueso de la mano y muñeca se clasificaban separadamente en uno de ocho o nueve estadios a los que se asignaba una puntuación. Estas puntuaciones se sumaban para obtener la maduración esquelética. Una versión modificada de ésta es la que más se ha utilizado en la clínica, el método TW2⁽¹⁶⁾. En ella, además de otras modificaciones, se introducen puntuaciones diferentes según el sexo. El TW2 tiene en consideración la maduración de 20 huesos: las epífisis distales del radio y cúbito, huesos del carpo con la excepción del pisiforme (grande, ganchoso, piramidal, semilunar, escafoides, trapecio y trapezoide), metacarpianos y falanges del I, III y V dedos. No existen radiografías completas con las que comparar, sino que a cada hueso se le asigna un estadio de desarrollo individual (A a I), al que corresponde una puntuación determinada. La suma de las puntuaciones es el grado de maduración esquelética, cuyo valor máximo es de 1.000 (adulto). De manera práctica, esta puntuación puede transformarse, con una tabla de equivalencia, en edad ósea, o bien, llevada a una gráfica de distribución de las puntuaciones en relación con la edad cronológica, establecer el percentil correspondiente para la edad cronológica.

Dentro del método TW2 se contemplan tres posibles formas de puntuación de la maduración ósea, según se utilicen los 20 huesos (20H) ya enumerados, sólo los del carpo (CH), o bien todos menos los del carpo, lo que se conoce como puntuación RUS (*radius, ulna and short bones*). La puntuación RUS es la más utilizada en la práctica clínica, no sólo por la mayor dificultad de valoración y variabilidad de la maduración de los huesos del carpo, sino también, porque la “edad ósea RUS” es la que se utiliza en las ecuaciones de predicción de talla definitiva (método Mark 2-TW2) incluidas en la segunda edición del libro de Tanner y cols.⁽¹⁶⁾. Más recientemente, se ha publicado una nueva revisión del método de TW, conocido como método-TW3⁽²⁰⁾, que ha actualizado el método, para adecuarlo a la evolución secular de la maduración ósea, con la incorporación a la muestra de más de 1.000 radiografías, tomadas entre 1985 y 1995, de niños europeos y americanos. Como consecuencia, los valores obtenidos con el TW3 se asemejan mucho más a los obtenidos con el método de Greulich-Pyle. Curiosamente, pese a las numerosas mejoras in-

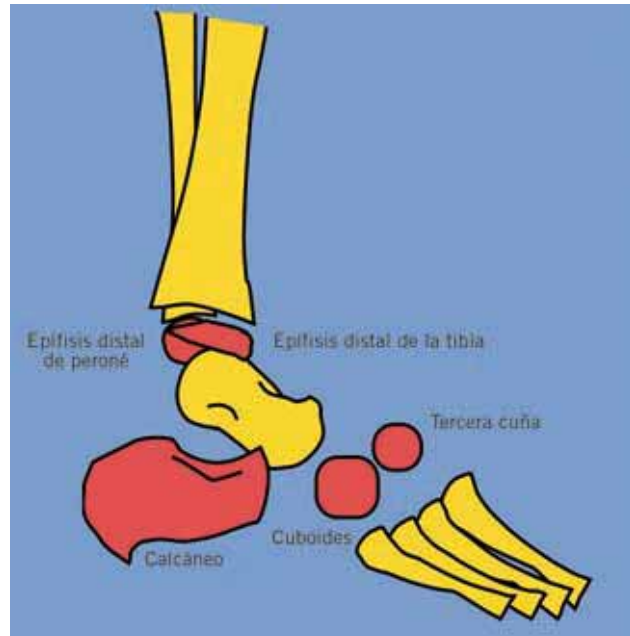


Figura 7. Huesos analizados en el método SHS de la valoración de la maduración ósea en menores de 2 años

corporadas en esta nueva edición, la difusión del método TW3 ha sido escasa y, hoy día, es difícil conseguir la publicación, cuya edición se agotó y no parece prevista su reedición.

La fiabilidad del método TW2 ha sido analizada en numerosos estudios y los intervalos de confianza al 95%, expresados como edad ósea, para un mismo observador son de $\pm 0,5$ a $\pm 0,8$ años, y para dos observadores diferentes de, aproximadamente, ± 1 año.

Método SHS

El método SHS⁽²¹⁾ es también numérico hueso-específico, muy semejante en su concepción al TW2 pero aplicado, en este caso, al pie-tobillo izquierdo y a niños hasta los 2 años. Utiliza únicamente 5 huesos del pie izquierdo: las epífisis distales de tibia y peroné, el calcáneo, el cuboide y la tercera cuña (Fig. 7). Este método ha sido estandarizado de una muestra de 1.357 radiografías, pertenecientes a 600 niños de 0 a 2 años incluidos en el estudio de crecimiento de Bilbao. Al igual que en el método TW2 para la mano, la maduración esquelética resulta de la suma de las puntuaciones, máximo 1.000, correspondientes a los estadios de maduración de cada uno de los cinco huesos utilizados, siendo la puntuación diferente en función del sexo. La puntuación es llevada a una gráfica de distribución percentilada para la edad cronológica en meses, donde la puntuación máxima (1.000) corresponde a 24 meses de edad. La maduración ósea suele expresarse como “edad ósea”, siendo ésta la edad cronológica para la que la puntuación obtenida representa el percentil 50.

Determinación de la edad ósea asistida por ordenador

La variabilidad o falta de reproducibilidad observada en la valoración de la maduración ósea entre distintos observadores puede obedecer a múltiples motivos, entre otros: características

técnicas de la radiografía (posición correcta y penetración adecuada), falta de estadios intermedios, subjetividad del observador, variaciones en los tiempos de maduración esquelética entre distintas poblaciones, aplicación del método a patologías para las que no fue desarrollado (los métodos se desarrollaron a partir de poblaciones normales), etcétera. Con el objeto de soslayar la subjetividad de las valoraciones de maduración ósea y mejorar la fiabilidad, en los últimos años se han desarrollado procedimientos asistidos por ordenador que, basándose en el método de Greulich-Pyle y, sobre todo, en TW2 y TW3, permiten determinar de forma automática o semiautomática la maduración esquelética. Estos métodos, pese a su indudable interés al eliminar la varianza en la determinación de la maduración ósea, no están exentos de problemas (infraestructura, necesidad de disponer de radiografías con colocación precisa de la mano y alta calidad técnica, tiempo consumido en su valoración, interpretación de variantes morfológicas de huesos, etc.) que limitan, al menos parcialmente, su utilización de forma generalizada. Por otro lado, no eliminan completamente la evaluación radiológica; dado que es posible obtener otra información relevante desde el punto de vista clínico, de la visión de la radiografía que los métodos computarizados disponibles son incapaces de analizar: acortamientos o anomalías de los huesos, estimación indirecta de la masa ósea y, en general, anomalías asociadas a trastornos que afectan a la formación del cartílago o del hueso⁽¹³⁾.

Utilidad clínica de los diferentes métodos

Por debajo de los 2 años, el método SHS parece ser el más adecuado y objetivo. Por encima de esta edad, el atlas de GP y el método TW2 y TW3 son los más adecuados y validados. El atlas de GP es, sin duda, el método más ampliamente utilizado en la práctica clínica en todo el mundo, no sólo por su simplicidad, sino también, porque es un componente fundamental de dos de los métodos de predicción de talla adulta, también, más ampliamente utilizados: el método de Bayley-Pinneau⁽¹⁸⁾ y el método de Roche-Wainer-Thyssen⁽²²⁾. Pese a su gran difusión, su utilización mediante el proceso simplificado de asignar a la radiografía problema la edad ósea correspondiente a la radiografía del atlas más parecida, le confiere una gran subjetividad.

El método TW2-TW3 presenta algunas ventajas: mayor objetividad, mayor sensibilidad a la hora de valorar pequeñas modificaciones de la edad ósea (intervalos de 0,1 año frente a intervalos de 0,5-1 año en el atlas) y la posibilidad, al transformar la valoración ósea en un fenómeno cuantitativo, de establecer percentiles o SDS mediante su procesamiento matemático. Por contra, tiene el inconveniente de precisar un mayor entrenamiento y requiere, también, un mayor consumo de tiempo. Pese a las teóricas ventajas del método TW2-TW3 sobre el atlas de Greulich-Pyle, la fiabilidad de ambos métodos es similar y depende, probablemente, más de la experiencia del observador que del método utilizado. La mejor solución para mejorar la fiabilidad y reproducibilidad de los métodos de determinación de la maduración ósea sería la utilización de los procedimientos asistidos por ordenador, pero los disponibles en la actualidad, como ya ha sido comentado, no están exentos de problemas.

Un aspecto importante a tener en cuenta cuando comparamos maduraciones óseas es que los resultados utilizando el atlas de GP y el TW2 son diferentes. Para una misma radiografía, la edad ósea obtenida con el atlas de GP es superior a la obtenida con el método TW2. La causa de esta diferencia radica en el distinto nivel socioeconómico de las poblaciones estudiadas. Es un hecho bien conocido que, el ritmo de maduración esquelética refleja la interacción de fuerzas genéticas y ambientales y, en cualquier área geográfica, es más lento entre los niños de estatus socioeconómico más bajo (el retraso es de $\approx 0,5$ años en la primera infancia y aumenta hasta ≈ 1 año en la pubertad). Así, la población de Cleveland estudiada por Greulich y Pyle, en los años 30, pertenecía a una clase social media-alta, mientras que la muestra utilizada para el desarrollo del TW2 fue reclutada en un centro educacional para clase social necesitada de Londres en los años 50. Esta diferencia en la EO obtenida por ambos métodos ha sido corregida en la nueva versión del método TW (TW3) con la incorporación de nuevas radiografías de pacientes; de forma que, las diferencias entre ambos métodos se han reducido considerablemente.

Dada la importancia de la genética y el ambiente en la evolución de la maduración ósea, lo ideal sería disponer de estándares de normalidad para cada población concreta. En este sentido, Hernández y cols.⁽²³⁾ han publicado un atlas de maduración ósea, semejante al de Greulich y Pyle, junto con el método numérico correspondiente, semejante al TW2, pero realizado en una muestra representativa de la población española.

Correlación de la talla con la talla parental y predicción de la talla adulta

La talla final de un sujeto y su patrón de crecimiento hasta alcanzarla son rasgos genéticamente determinados; si bien, determinados factores ambientales negativos (malnutrición, enfermedades crónicas, etc.) pueden interferir en el patrón de crecimiento y alterar la talla final. Los estudios realizados sugieren un modelo de herencia poligénico, no dominante y no ligado al sexo. El componente hereditario, expresado como coeficiente de correlación entre la talla media de los padres y la talla de los hijos viene a ser de 0,75-0,80 cuando la talla se expresa en cm y de 0,55-0,65 cuando se expresa en SDS. Esta correlación es especialmente buena entre los dos y los nueve años; por debajo de esa edad, la talla está más en relación con el crecimiento intrauterino y la nutrición y, por encima de ella, las diferencias en la maduración y en el tempo de crecimiento, la disminuyen.

La posibilidad de predecir con cierta fiabilidad la talla definitiva de un sujeto o correlacionar su talla en un momento dado con la talla de sus progenitores son aspectos muy importantes en la valoración de un niño con talla baja. Por una parte, nos ayudan a distinguir a aquellos pacientes que son pequeños, pero con una talla acorde con la talla familiar, de aquellos que son pequeños para su propio potencial de crecimiento, o de aquellos que, simplemente, se encuentran retrasados en su proceso de maduración. Por otra, la realización seriada de predicciones de talla adulta puede ser también de utilidad en la valoración de la repercusión, positiva

o negativa, que un determinado tratamiento o circunstancia adversa pueda tener sobre la talla adulta.

Gráficas de correlación y talla diana

Aunque la talla final de una persona esté genéticamente determinada, para poder correlacionar la talla del niño con la de sus progenitores es necesario, además de disponer de unas tallas fiables de estos y de estar seguro de su paternidad, que los padres hayan crecido en un ambiente que no haya restringido su crecimiento o que, al menos, no lo haya hecho en un grado mayor que el que disfrutaban los hijos. Los padres tampoco han de haber padecido una enfermedad capaz de condicionar su talla adulta; de ser así, para los cálculos, la talla del progenitor puede ser sustituida por la media poblacional.

Una forma de analizar la relación de la talla de un niño con la de sus padres es utilizar las gráficas de correlación. Éstas fueron desarrolladas por Tanner y cols.⁽²⁴⁾ y establecen la relación existente entre la talla del niño para la edad, expresada en percentiles o SDS y la talla media de los padres ($TMP = \text{talla padre} + \text{talla madre} / 2$), expresada también en forma de percentiles o SDS. Sólo son aplicables entre los 2 y 9 años que es cuando la correlación entre la talla del niño y la de sus progenitores es máxima. Se emplea la TMP y no la del padre o la de la madre, porque no hay evidencia confirmada de que la talla de la madre o del padre tenga una mayor influencia sobre la talla definitiva del hijo/hija, ni tampoco de la influencia de una talla similar o muy diferente entre los progenitores. Curiosamente, la SDS de la TMP es de unos 5 cm, inferior a la SDS de la talla adulta de los hombres o de las mujeres; ello es debido, a que, en la mayoría de las poblaciones, existe una correlación positiva ($r \approx 0,3$) entre la talla de los progenitores que parece estar en relación con una tendencia a elegir una pareja más o menos concordante.

Una segunda forma de correlacionar la talla de un sujeto con la de sus progenitores consiste en realizar la predicción de su talla adulta (con cualquiera de los métodos disponibles) y compararla con su talla diana (TD). La TD, también denominada talla genética, es, simplemente, la talla esperable para los hijos/as de una pareja determinada, asumiendo un proceso normal de herencia y unos efectos ambientales sobre el crecimiento similares en ambas generaciones. La fórmula más comúnmente empleada para calcular la TD de un niño es la desarrollada por Tanner a partir de la TMP ajustada al sexo del niño⁽²⁵⁾; este ajuste toma en consideración la diferencia entre la talla media de varones y mujeres en la edad adulta, que es de unos 13 cm. El intervalo de confianza al 95% (rango de la talla diana) es de, aproximadamente, ± 10 cm en el caso de los varones y de ± 9 cm en el caso de las mujeres (± 2 veces la SDS residual de la regresión entre la TMP y la talla adulta de los hijos).

- Niños: $TD = T. \text{ Padre} + (T. \text{ Madre} + 13 \text{ cm}) / 2 = TMP + 6,5 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$.
- Niñas: $TD = (T. \text{ Padre} - 13 \text{ cm}) + T. \text{ Madre} / 2 = TMP - 6,5 \text{ cm} \pm 9 \text{ cm}$.

Aunque en la práctica clínica ésta es la forma habitual de establecer la TD, el cálculo es ligeramente incorrecto; ya que, la fórmula no tiene en consideración el llamado fenómeno de

“regresión a la media”, que es el responsable de que los hijos de padres más bajos que la media o de padres más altos que la media no sean tan bajos o tan altos como cabría esperar, sino que tiendan a aproximarse más a la media de la población.

Una nueva fórmula para correlacionar la talla de los hijos con la de los padres ha sido recientemente desarrollada por Luo y cols.⁽²⁶⁾ a partir de la talla final de 2.402 niños suecos. Estas fórmulas, según los autores, podrían ser más fiables que las de Tanner, especialmente, en el caso de niños de padres con talla baja. El intervalo de confianza al 95% sería de ± 10 cm para ambos sexos.

- Niños: $TD = 45,99 + 0,78 TMP \pm 10 \text{ cm}$.
- Niñas: $TD = 37,85 + 0,75 TMP \pm 10 \text{ cm}$.

Sea cual sea la fórmula utilizada para calcular la talla diana, su interés radica en su comparación con la predicción de talla del niño analizado. Si ésta se encuentra entre ± 5 cm de la talla diana, lo que correspondería a $\approx \pm 1$ SDS (intervalo de confianza al $\approx 70\%$), lo más probable es que no exista ningún problema de crecimiento; por el contrario, si la diferencia es mayor de 5 cm, y sobre todo si es mayor de 10 cm, las posibilidades de que exista una causa patológica responsable de la alteración del crecimiento se incrementan.

Métodos de predicción de la talla adulta

La forma más sencilla de realizar una predicción de talla definitiva, aunque no muy fiable, deriva del hecho de que la mayoría de los niños alcanzan un percentil de talla definitiva similar al percentil de talla que han seguido entre los 2 y 9 años. Por consiguiente, lo único que habría que hacer es extrapolar el percentil o la SDS de talla del niño a esa edad al percentil o SDS equivalente en talla definitiva. Un aspecto que limita este método de predicción es que el tempo de crecimiento es extremadamente variable de unos sujetos a otros. Dado que la talla de un sujeto guarda mayor relación con la EO que con la cronológica, sería posiblemente más exacto utilizar el percentil o la SDS para la EO y extrapolarlo a la talla adulta. Aunque este método ha sido ampliamente usado, no existen datos que establezcan su grado de exactitud o fiabilidad.

La importancia de la EO, más que la de la cronológica, a la hora de realizar predicciones de talla adulta es puesta de manifiesto por su utilización en los tres métodos de predicción de talla adulta más utilizados en la práctica clínica, los métodos de: Bayley-Pinneau, Roche-Wainer-Thissen y TW2-3.

Método de Bayley-Pinneau (BP)

Este método, desarrollado por Nancy Bayley y Samuel R. Pinneau en el año 1952⁽¹⁸⁾ es, probablemente, por su sencillez, el método de predicción de talla adulta más utilizado en el mundo. Se basa en la existencia de una alta correlación entre la edad ósea establecida a partir de una radiografía de la mano y muñeca izquierda (atlas de GP) y el porcentaje de la talla adulta alcanzado. Los porcentajes de talla adulta han sido establecidos a partir de las tallas y radiografías tomadas cada 6 meses en un grupo de niños ($n = 89$) y niñas ($n = 103$) entre los 8 y los 18 años pertenecientes al estudio de guía del *Berkeley Growth Study*, del Instituto de Bienestar Infantil de la Universidad de California. Las tablas fueron convenientes

temente reproducidas y corregidas en la edición del atlas de GP de 1959⁽¹⁵⁾.

Existen tablas para niños y niñas, diferenciando aquellos con maduraciones normales, aceleradas (edad ósea - edad cronológica ≥ 1 año) o lentas (edad cronológica - edad ósea ≥ 1 año). Así, por ejemplo, en un niño con un ritmo de maduración normal (edad ósea similar a la cronológica), cuando su edad ósea sea de 9 años, habrá alcanzado un 75,2% de su talla adulta; por consiguiente, si en ese momento su talla es de 130 cm, su predicción de talla definitiva será de 172,9 cm. Una tabla accesoria con las SDS de la predicción para cada edad y sexo permiten el cálculo aproximado del intervalo de confianza.

Este método sólo es aplicable a niños o niñas con edades óseas de seis o más años y con edades cronológicas de ocho o más años. Otra limitación importante del método es que no se modifican los cálculos si la edad ósea está retrasada uno o más años; si bien, la falta de fundamentos experimentales aconseja que no se aplique a niños con retrasos o adelantos en la maduración ósea superiores a dos años.

Método de Roche-Wainer-Thissen (RWT)

Este sistema de predicción de talla adulta, publicado en el año 1975⁽²⁷⁾, es metodológicamente muy diferente del método de Bayley-Pinneau. Se basa en ecuaciones de regresión múltiple que se aplican a niños con edades comprendidas entre los uno y dieciséis años, con intervalos de 3 meses. La muestra estudiada fue de unos 100 niños y 90 niñas procedentes del estudio longitudinal de crecimiento del Fels Research Institute entre los años 1929 y 1974 (Ohio). Los parámetros incluidos en las ecuaciones de regresión son: la EO evaluada con el atlas de GP, la talla en decúbito en cm (\approx talla de pie + 1,25 cm), el peso en kg (P) y la talla media de los padres en cm (TMP). Si la TMP es desconocida, puede substituirse por la talla media de la población; si bien, la fiabilidad de la predicción disminuye. Los coeficientes β para cada parámetro, en función de la edad y sexo son dados en tablas. La forma de la ecuación que utiliza es:

$$\text{Talla final en decúbito} = \beta_0 + (\beta_L \times L) + (\beta_P \times P) + (\beta_{TMP} \times TMP) + (\beta_{EO} \times EO)$$

Método de Mark 2- TW2 (M-TW2)

El método Mark II TW2 publicado en el año 1983⁽¹⁶⁾ está basado, al igual que el de Roche-Wainer-Thissen, en ecuaciones de regresión múltiple. Las ecuaciones empleadas varían dependiendo de la edad, el sexo, la ocurrencia o no de la menarquia en las niñas y de la disponibilidad de datos (progresión de la edad ósea y velocidad de crecimiento). Los parámetros incluidos en las ecuaciones son: la edad ósea (EO), en este caso calculada con el método TW2-RUS, la talla (T), la edad cronológica (EC), la velocidad de crecimiento en el último año (ΔT) y el incremento de la edad ósea en el último año (ΔEO). Los valores de los distintos coeficientes de la ecuación (a, b, c, d, e y k), así como las DE para calcular el intervalo de confianza, son dados en tablas. La forma de la ecuación general es:

$$\text{Talla final} = (a \times T) + (b \times EC) + (c \times EO) + (d \times \Delta T) + (e \times \Delta EO) + k$$

Las ecuaciones fueron calculadas a partir de una población normal de 110 niños y 93 niñas procedentes del Harpenden Growth Study y del International Children's Centre London Longitudinal Growth Study y de otras 57 niñas normales procedentes de la escuela Royal Ballet, seguidos, todos ellos, hasta la talla final. A diferencia de los otros métodos de predicción de talla adulta, en éste se incluyeron, además de los niños normales con talla normal, a un grupo de niños normales pero con tallas altas (19 niñas) o bajas (34 niños y 10 niñas) procedentes de la clínica de trastornos del crecimiento del Hospital for Sick Children, de Londres. Las tablas para niños comienzan a una edad cronológica de 6 años para los niños y de 5 para las niñas.

En la nueva revisión del método (TW3) se han realizado cambios considerables^(12,20), también en el método de pronóstico de la talla final, incluyendo las ecuaciones empleadas y la población en la que se basan dichas ecuaciones; ahora, se utilizan los datos del First Zurich Longitudinal Growth Study.

Fiabilidad y aplicabilidad de los métodos de predicción de talla adulta

Los tres métodos descritos son útiles y relativamente fiables^(11,12); si bien, existen una serie de limitaciones comunes a todos ellos como son: una cierta impredecibilidad derivada de la variabilidad del brote de crecimiento puberal, el error derivado de utilizar datos incorrectos o no comprobados y el error inherente a la determinación de la maduración ósea y a la medición de la talla. Otra limitación importante a la hora de aplicar los distintos métodos de predicción de talla final es que todos ellos fueron desarrollados analizando poblaciones normales, pero de diferente área geográfica y condición social. En suma, su utilización clínica plantea tres problemas diferentes: 1) ¿son aplicables a poblaciones de países diferentes?; 2) ¿son aplicables en casos de niños sanos constitucionalmente altos o bajos?; y 3) ¿son aplicables a niños con patología?

En cuanto a su aplicación a poblaciones diferentes, lo ideal sería que la fiabilidad de los métodos fuera comprobada en grupos de población local; no obstante, los estudios realizados sugieren que no existen grandes diferencias, al menos, entre los países industrializados de origen étnico similar⁽¹⁶⁾.

En niños normales, la fiabilidad de los tres métodos es buena; si bien BP y RWT tienden, en general, a sobrestimar la talla definitiva, mientras que M-TW2 tiende a infraestimarla, sobre todo en aquellos con cierto retraso en la maduración ósea.

En situaciones de talla alta constitucional, la fiabilidad de uno u otro método depende mucho del sexo y de la edad ósea cuando se realiza la predicción aunque, en general, la fiabilidad es aceptable.

La mayoría de los estudios realizados en niños con variantes normales de talla baja incluyen predominantemente varones con retraso en la maduración ósea. En estos casos, los métodos más fiables parecen ser el BP y el RWT, aunque muestran una tendencia a sobrestimar ligeramente la talla final. El método M-TW2 tiende, por el contrario, a infraestimar la talla final, siendo mayor el error cuanto mayor es el retraso madurativo. En niñas, aunque los resultados son muy escasos y algo diferentes de los observados en varones, las predicciones realizadas con BP y M-TW2 parecen ser las más fiables.

La aplicación de los métodos de predicción de talla adulta en situaciones claramente patológicas (pubertad precoz, síndrome de Turner, retraso de crecimiento intrauterino o déficit de hormona de crecimiento, entre otras) debe hacerse con extrema precaución, ya que no existen razones objetivas para que la metodología, desarrollada en sujetos normales, sea válida en estos casos. Los datos disponibles sugieren que, entre los métodos disponibles, el BP sería, posiblemente, el más fiable⁽²⁸⁾. Otra posibilidad, probablemente más adecuada, para predecir la talla adulta en estas patologías es el desarrollo de metodologías específicas para ellas; sin embargo, la variabilidad que existe en estas poblaciones y la dificultad en reunir un número suficiente de pacientes hace que los resultados de las fórmulas desarrolladas deban ser interpretados con prudencia al objeto de no generar falsas expectativas en los pacientes y en sus padres.

Bibliografía

- Pozo J, Argente J. Crecimiento: valoración auxológica. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Hierro F, eds. Tratado de Endocrinología Pediátrica y de la Adolescencia (2ª edición). Madrid: Doyma; 2000. p. 177-201.
- Cameron N. The methods of auxological anthropometry. En: Falkner F, Tanner JM, eds. Human growth: a comprehensive treatise (Second Edition). Vol. 3 (Methodology: Ecological, Genetic, and Nutritional Effects on Growth). New York and London: Plenum Press; 1986. p. 3-46.
- Lapunzina P, Aiello H. Manual de Antropometría Normal y Patológica: fetal, neonatal, niños y adultos. Barcelona: Masson SA; 2002.
- Hall JG, Allanson JE, Gripp KW, Slavotinek AM. Handbook of physical Measurements (Second edition). Nueva York: Oxford University Press; 2007.
- Hernández M, Catellet J, Narvaiza JL, Rincón JM, Ruiz E, Sánchez E, Sobradillo B, Zurimendi A. Curvas y tablas de crecimiento. Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo. Fundación Faustino Orbegoza. Madrid: Editorial Garsi; 1988.
- Tanner JM, Whitehouse RH. Standards for sitting height and subischial leg length from birth to maturity; British children. Ware, Hertfordshire: Castlemead Publications; 1978.
- Gerver WJ, De Bruin R. Relationship between height, sitting height and subischial leg length in Dutch children: presentation of normal values. Acta Paediatr. 1995; 84: 532-5.
- Fredriks AM, van Buuren S, van Heel WJM, Dijkman-Neerincx RHM, Verloove-Vanhorick SP, Wit JM. Nationwide age references for sitting height, leg length, and sitting height/height ratio, and their diagnostic value for disproportionate growth disorders. Arch Dis Child. 2005; 90: 807-12.
- Eveleth PB, Tanner JM. Worldwide variation in human growth. Cambridge: Cambridge University Press; 2000.
- Reeves SL, Varakamin C, Henry CJ. The relationship between arm-span measurement and height with special reference to gender and ethnicity. Eur J Clin Nutr. 1996; 50: 398-400.
- Pavía C. La maduración ósea: métodos de estudio. En: Herrera E, Pavía C e Yturriaga R, eds. Actualizaciones en Endocrinología 2 (Crecimiento I). Madrid: Ediciones Díaz de Santos SA; 1995. p. 39-76.
- López-Siguero JP, Moreno-Molina JA. Maduración ósea y predicción de la talla adulta. En: Diéguez C, Yturriaga R, eds. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana España SAU; 2005. p. 41-56.
- Martin DD, Wit JM, Hochberg Z, et al. The use of bone age in clinical practice-Part 1. Horm Res Paediatr. 2011; 76: 1-9.
- Martin DD, Wit JM, Hochberg Z, et al. The use of bone age in clinical practice-Part 2. Horm Res Paediatr. 2011; 76: 10-6.
- Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist (2nd Edition). Stanford (California): Stanford University Press; 1959.
- Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 Method). 2nd Edition. London: Academic Press Limited; 1983.
- Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, Narvaiza JL. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. Pediatr Radiol. 1988; 18: 484-9.
- Bayley N, Pinnneau SR. Tables for predicting adult height from skeletal age revised for use with Greulich-Pyle hand standards. J Pediatr. 1952; 40: 423-41.
- Johnson GF, Dorst JP, Kuhn JP, Roche AF, Davila GH. Reliability of skeletal age assessments. Am J Roentgenol, Radiother Nucl Med. 1973; 118: 320-7.
- Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 Method). 3rd Edition. London: WB Saunders, harcourt Publishers Ltd; 2001.
- Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, Narvaiza JL. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. Pediatr Radiol. 1988; 18: 484-9.
- Roche AF, Wainer H, Thissen D. The RWT method for the prediction of adult stature. Pediatrics. 1975; 56: 1026-33.
- Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM. Maduración ósea y predicción de talla. Atlas y métodos numéricos. Madrid: Díaz de Santos SA; 1991.
- Tanner JM, Goldstein H, Whitehouse RH. Standards for children's height at ages 2 to 9 years, allowing for height of parents. Arch Dis Child. 1970; 45: 755-62.
- Tanner JM, Healy MJR, Lockart RD, Mackenzie JD, Whitehouse RH. Aberdeen Growth Study I. The prediction of adult body measurements from measurements taken each year from birth to 5 years. Arch Dis Child. 1956; 31: 372-81.
- Luo ZC, Albertsson-Wikland K, Kalberg J. Target height as predicted by parental heights in a population-based study. Pediatr Res. 1998; 44: 563-71.
- Roche AF, Wainer H, Thissen D. The RWT method for the prediction of adult stature. Pediatrics. 1975; 56: 1026-33.
- Preece MA. Prediction of adult height: methods and problems. Acta Paediatr Scand. 1987; 347(Suppl): 4-11.